饲喂不同消化能和粗蛋白质水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马泌乳性能及马驹生长发育的影响

方美烟　王贤东　于全平　杨　光　陈　勇*

（新疆农业大学动物科学学院，乌鲁木齐 830052）

摘　要：本试验旨在研究饲喂不同消化能（DE）、粗蛋白质（CP）水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马泌乳性能、乳成分及马驹生长发育和血浆生化指标的影响，为进一步探讨泌乳期伊犁母马能量和蛋白质的需要量提供参考依据。选取无亲缘关系，年龄、体重、胎次相近且处于泌乳前期的伊犁母马 25 匹，根据母马体重分成 5 组，每组 5 匹。试验期为 60 d，分为 2 个泌乳月，每 30 d 为 1 个泌乳月。母马第 1 泌乳月 DE、CP 饲喂水平分别为 101.41 MJ/d、1.38 kg/d（Ⅰ组），112.05 MJ/d、1.50 kg/d（Ⅱ组），122.40 MJ/d、1.63 kg/d（Ⅲ组），133.27 MJ/d、1.75 kg/d（Ⅳ组），143.84 MJ/d、1.87 kg/d（Ⅴ组）；第 2 泌乳月 DE、CP 饲喂水平分别为 129.73 MJ/d、1.82 kg/d（Ⅰ组），140.37 MJ/d、1.94 kg/d（Ⅱ组），150.72 MJ/d、2.07 kg/d（Ⅲ组），161.60 MJ/d、2.19 kg/d（Ⅳ组），172.17 MJ/d、2.31 kg/d（Ⅴ组）。每个泌乳月的第 1~14 天为预试期，最后 10 d 为采样期。结果显示：饲喂不同 DE 和 CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马的产奶量、常规乳成分和乳体细胞数无显著影响（$P>0.05$）。乳脂中饱和脂肪酸含量各组间均无显著差异（$P>0.05$），Ⅱ、Ⅳ组不饱和脂肪酸含量显著高于Ⅰ组（$P<0.05$），单不饱和脂肪酸含量各组间差异均不显著（$P>0.05$），多不饱和脂肪酸含量Ⅰ组显著低于饲粮Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ组（$P<0.05$）。增加饲粮 DE 和 CP 水平后，乳脂中棕榈酸(C16:0)、棕榈油酸(C16:1)和亚油酸(C18:2n6*c*)含量发生显著变化（$P<0.05$），其中棕榈酸和棕榈油酸的含量Ⅰ组显著高于其他组（$P<0.05$），亚油酸的含量Ⅰ组显著低于Ⅱ、Ⅳ和Ⅴ组（$P<0.05$）。伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹体重、体长、胸围、管围均无显著影响（$P>0.05$），但马驹的体高表现为Ⅰ组显著高于Ⅱ、Ⅲ组（$P<0.05$）。马驹的血浆生理

收稿日期：2017-09-06

基金项目：国家科技支撑计划课题(2012BAD45B02)

作者简介：方美烟(1992—)，女，福建莆田人，硕士研究生，从事草食动物营养与饲料的研究与开发。E-mail: 1115815312@qq.com

*通信作者：陈　勇，教授，博士生导师，E-mail: xjaucy@163.com

生化指标显示，各组间血浆甘油三酯、总蛋白、白蛋白、尿素氮含量差异均不显著（$P>0.05$）。由此可见，在第 1 和第 2 泌乳月，DE 饲喂水平分别为 101.41 和 129.73 MJ/d、CP 饲喂水平分别为 1.38 和 1.82 kg/d 时已能满足伊犁马泌乳的营养需要，增加饲粮 DE 和 CP 水平可降低马乳中棕榈酸和棕榈油酸的含量，提高亚油酸的含量。

关键词：伊犁母马；消化能；粗蛋白质；乳成分；马驹；血浆生理生化指标

中图分类号：816　　文献标识码：A　　文章编号：

能量和蛋白质与动物的生长发育、繁殖以及泌乳性能密切相关。泌乳前期，能量和蛋白质的供应应满足母马的维持、泌乳和妊娠需要。饲粮中能量、蛋白质水平的缺少和过量都会造成不良的影响。研究发现，能量不足会造成马体重下降、体况不佳、母马发情延迟和马驹生长发育不良，而能量过多则往往出现肥胖、易发生应激、跛行、繁殖率降低和寿命缩短等[1]。给泌乳期母马饲喂低蛋白质饲粮对马驹生长发育不利，并使母马体重下降[2]。在泌乳后期饲喂伊犁母马适宜消化能（DE）、粗蛋白质（CP）水平的饲粮可以提高产奶量、乳蛋白和乳脂率[3]，促进马驹体长的增长[4]。在妊娠后期饲喂适宜的 DE（91.28 MJ/d）、CP 水平（0.92 kg/d）的饲粮可以提高初乳中多不饱和脂肪酸（PUFA）的含量[5]。泌乳前期是母马对营养需要量最高的阶段，不仅要满足泌乳的营养需要，也为妊娠储备养分。因此，为泌乳前期的母马制订适宜的 DE、CP 水平的饲粮具有重要的意义。本试验通过不同研究不同 DE 和 CP 水平的饲粮对伊犁母马泌乳前期泌乳性能及马驹生长发育、血浆生理生化指标的影响，为泌乳前期伊犁马的饲养及配合饲料的研发提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验动物与饲粮

选取新疆伊犁昭苏种马场无亲缘关系、胎次相近、年龄 16~17 周岁、体重（340±35）kg、分娩后 7 d 内的伊犁母马 25 匹，根据体重分成 5 组，每组 5 匹，试验马驹为试验母马所分娩。根据 NRC（2007）[6]按照成熟体重 400 kg 泌乳前期母马的营养需要设计 5 种不同 DE、CP 水平的饲粮。根据《中国饲料成分及营养价值表（2016 年第 27 版）》[7]计算饲粮营养水平。母马第 1 泌乳月 DE、CP 饲喂水平分别为 101.41 MJ/d、1.38 kg/d（I组），112.05 MJ/d、1.50 kg/d（II组），122.40 MJ/d、1.63 kg/d（III组），133.27 MJ/d、1.75 kg/d（IV组），143.84 MJ/d、1.87 kg/d（V组）；第 2 泌乳月 DE、CP 饲喂水平分别为 129.73 MJ/d、1.82 kg/d

（I组），140.37 MJ/d、1.94 kg/d（II组），150.72 MJ/d、2.07 kg/d（III组），161.60 MJ/d、2.19 kg/d（IV组），172.17 MJ/d、2.31 kg/d（V组）。泌乳前期母马饲粮组成、营养水平及DE 和 CP 的饲喂水平见表 1，马驹精料参考靳伟星等[3]报道的配方配制。

表 1　泌乳前期母马饲粮组成、营养水平及 DE 和 CP 的饲喂水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of diets and feeding levels of DE and CP （DM basis）　　%

项目 Items	第 1 泌乳月 The 1st month of lactation					第 2 泌乳月 The 2nd month of lactation				
饲粮 Diets	I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III	IV组 Group IV	V组 Group V	I组 GroupI	II组 Group II	III组 Group III	IV组 Group IV	V组 Group V
原料 Ingredients										
苜蓿 Alfalfa hay	61.72	58.20	57.23	57.23	57.19	64.37	61.53	60.77	60.73	60.73
小麦秸秆 Wheat straw	22.65	21.37	21.06	21.02	21.03	23.69	22.63	22.32	22.34	22.31
玉米 Corn	7.76	11.70	10.37	6.98	5.03	5.93	9.07	8.08	5.43	3.92
大麦 Barley	5.43	3.66	3.60	3.60	2.30	4.15	2.84	2.80	2.80	1.79
麸皮 Wheat bran	0.78	2.19	2.16	2.30	2.33	0.59	1.70	1.68	1.79	1.81
豆粕 Soybean meal	0.43	1.68	4.10	6.91	9.64	0.33	1.30	3.19	5.38	7.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.68	0.60	0.52	0.47	0.43	0.52	0.47	0.41	0.37	0.34
石粉 Limestone	0.00	0.02	0.05	0.06	0.07	0.00	0.02	0.04	0.05	0.06
L-赖氨酸盐酸盐 Lys·HCl	0.26	0.18	0.10	0.02	0.00	0.20	0.14	0.08	0.02	
食盐 NaCl	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
大豆油 Soybean oil	0.00	0.07	0.47	1.07	1.64	0.00	0.05	0.37	0.83	1.28
预混料 Premix1)	0.17	0.22	0.24	0.24	0.24	0.13	0.17	0.18	0.18	0.18
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)										
消化能 DE/(MJ/kg)	8.64	9.01	9.68	10.54	11.36	8.47	8.75	9.28	9.94	10.59
粗蛋白质 CP	11.77	12.09	12.87	13.85	14.77	11.88	12.12	12.73	13.49	14.21
赖氨酸 Lys	0.75	0.71	0.70	0.70	0.75	0.72	0.69	0.68	0.68	0.71
钙 Ca	0.92	0.87	0.86	0.86	0.86	0.92	0.88	0.87	0.87	0.87
磷 P	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.24	0.25	0.24	0.24	0.24
饲喂水平 Feeding levels										
消化能 DE/(MJ/d)	101.41	112.05	122.40	133.27	143.84	129.73	140.37	150.72	161.60	172.17
粗蛋白质 CP/(kg/d)	1.38	1.50	1.63	1.75	1.87	1.82	1.94	2.07	2.19	2.31

1)每千克预混料含有 One kg of premix contained the following：Co (as cobalt chloride) 25.0 mg，Cu (as copper sulfate) 5.0 g，I (as potassium iodide) 0.13 g，Mn (as manganese sulfate) 20.0 g，Se (as sodium selenite)

50.0 mg，Zn (as zinc sulfate) 20.0 g，Fe (as ferrous sulfate) 25.0 g，VA 1.2×10^{6} IU，VD 1.32×10^{5} IU，VE 4.0×10^{4} IU，VB_1 1.5 g，VB_2 1.0 g。

2)营养水平均为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.2 饲养管理

根据泌乳前期母马的营养需要特点，第 1 泌乳月粗饲料的饲喂量为 11.00 kg/d，第 2 泌乳月粗饲料的饲喂量为 15.00 kg/d。将苜蓿干草和小麦秸秆按 8:3 用全混合日粮（TMR）混合机混合 30 min 备用。粗饲料每天饲喂 4 次，第 1 泌乳月每天 02:00 饲喂 5.00 kg，09:30、13:30 和 18:00 各饲喂 2.00 kg。第 2 泌乳月每天 02:00 饲喂 5.00 kg，09:30 饲喂 4.00 kg，13:30 和 18:00 各饲喂 3.00 kg。精料每天饲喂 2 次，分别在 11:30 和 20:00 饲喂总量的 1/2；其中I和II组饲喂量分别为 2.00 和 2.78 kg/d，III、IV和V组饲喂量均为 3.00 kg/d。马匹分栏单独饲养，自由饮水。马驹在试验期间除挤取奶样外均自由摄取母乳，每天每匹马驹在 10:00 和 18:00 用料兜补饲 2 次，第 1 泌乳月补饲 200 g/d，第 2 泌乳月补饲 400 g/d。试验期为 60 d，分为 2 个泌乳月，每 30 d 为 1 个泌乳月，每个泌乳月的第 1~14 天为预试期，最后 10 d 为采样期。

1.3 样品采集

奶样的采集参考于全平等[8]的方法，试验期每日饲喂 2 h 后开始，每隔 4 h 由技术熟练的固定人员通过手工挤奶 1 次，每次挤尽为止。在每期试验结束后的第 2 天晨饲前将马驹固定，通过颈静脉采血 10 mL，肝素钠抗凝，于 3 500 r/min 离心 15 min 分离血浆并迅速置于 -20 ℃冷冻保存待测。

1.4 测定指标

母马日产奶量根据靳伟星等[3]的方法计算。乳成分和乳中脂肪酸组成的测定参考王贤东等[5]的方法。马驹初生、1 月龄末和 2 月龄末测定体重、体长、体高、胸围和管围。马驹血浆中总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、甘油三酯（TG）和尿素氮（UN）含量测定试剂盒购自北京华英生物技术研究所。

1.5 数据分析

采用 SPSS 18.0 对数据进行双因素方差分析，分析模型为 $X_{ij}=\mu+\alpha_i+\beta_j+\alpha_i\times\beta_j+\varepsilon_{ij}$，其中 X_{ij} 为观察值，μ为总体均值，α_i（i=1，2，3，4，5）为饲粮效应，β_j（i=1，2）为母马泌乳月份（或马驹月龄）效应，$\alpha_i\times\beta_j$ 为饲粮与母马泌乳月份（或马驹月龄）的交互效应，ε_{ij} 为误差。

采用 Duncan 氏法多重比较检验组间的显著性。试验数据均用平均值和 SEM 表示，显著水平为 $P<0.05$。因本文重点关注饲粮对各指标的影响，因此结果中仅列出了饲粮效应 *P* 值，母马泌乳月份（或马驹月龄）效应及饲粮与母马泌乳月份（或马驹月龄）的交互效应 *P* 值未列出。

2 结果与分析

2.1 饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马泌乳性能的影响

由表 2 可知，饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马的平均挤奶量和估计日产奶量及乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、率总固形物率、乳体细胞数均无显著影响($P>0.05$)。

表 2 饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马泌乳性能的影响

Table 2 Effects of feeding different levels of DE and CP diets on milk performance of *Yili* mares in early lactation

项目 Items	组别 Groups					SEM	*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	V		
平均挤奶量 Average milking volume each time/(kg/次)	0.74	0.62	0.69	0.74	0.72	0.02	0.175
估计日产奶量 Estimated daily milk yield/(kg/d)	8.93	7.49	8.33	8.87	8.64	0.24	0.304
乳脂率 Milk fat percentage/%	0.75	0.71	0.81	0.90	0.70	0.06	0.830
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	1.74	1.74	1.63	1.64	1.65	0.03	0.463
乳糖率 Lactose percentage/%	6.64	6.70	6.61	6.78	6.80	0.05	0.706
乳总固形物含量 Milk total solid content/%	9.66	9.66	9.59	9.83	9.67	0.10	0.963
乳体细胞数 Milk somatic cell count/($\times10^3$ mL^{-1})	37.20	77.50	78.70	74.10	52.70	6.31	0.172

同行数据肩标无字母表示差异不显著($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)，*P* 值为饲粮效应，母马泌乳月份（或马驹月龄）效应及饲粮与母马泌乳月份（或马驹月龄）的交互效应 *P* 值未列出。下表同。

In the same row, values with no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The *P*-value was the effect of diet. The *P*-values of the effect of lactation month of mares (or months age of foals), and the interaction effect of lactation month of mares (or months age of foals) and diet were not listed. The same as below.

2.2　饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马乳脂脂肪酸组成的影响

在马乳乳脂中共检测出 29 种脂肪酸，其中饱和脂肪酸（SFA）14 种，含量低于 1.0%的 SFA 8 种，不饱和脂肪酸（UFA）中的单不饱和脂肪酸（MUFA）6 种，含量低于 0.5%的 MUFA 3 种，PUFA 9 种，含量低于 0.5%的 PUFA 7 种。

由表 3 可知，SFA 含量各组间均无显著差异（$P>0.05$），而I组棕榈酸（C16:0）含量分别较II、III、IV和V组增加 20.89%、15.67%、16.75%和 15.92%（$P<0.05$）。II和IV组 UFA 含量分别较I组增加 11.00%和 10.19%($P<0.05$)。各组间 MUFA 含量在无显著差异（$P>0.05$），I组棕榈油酸（C16:1）含量较II、III、IV和V组分别增加 47.34%、3.88%、37.32%和 36.56%（$P<0.05$）。I组 PUFA 含量分别较II、IV和V组降低 25.52%、27.22%和 18.86%（$P<0.05$），II、IV组则分别较III组增加 18.62%、21.39%（$P<0.05$）。亚麻酸（C18:3n3）和含量低于 0.5%的 PUFA 的含量在各组间均无显著差异（$P>0.05$）。II、IV和V组亚油酸（C18:2n6*c*）含量分别较I组增加 72.37%、63.37%和 66.29%（$P<0.05$）。

表 3　饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马乳脂脂肪酸组成的影响

Table 3　Effects of feeding different level of DE and CP diets on fatty acid composition in milk fat of *Yili* mares during early lactation period　　%

项目 Items	组别 Groups					SEM	*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	V		
饱和脂肪酸 SFA	60.47	56.12	58.34	56.42	57.98	0.53	0.093
辛酸 C8:0	2.83	3.57	3.46	3.30	3.45	0.09	0.087
癸酸 C10:0	7.68	8.48	8.74	8.21	8.61	0.20	0.463
月桂酸 C12:0	9.27	9.77	10.23	9.51	10.08	0.19	0.741
肉豆蔻酸 C14:0	10.26	9.07	9.63	9.21	9.65	0.14	0.086
棕榈酸 C16:0	27.60^{a}	22.83^{b}	23.86^{b}	23.64^{b}	23.81^{b}	0.30	<0.001
硬脂酸 C18:0	1.28	1.21	1.19	1.13	1.15	0.04	0.781
其他饱和脂肪酸 Other SFA[1)]	1.10	1.19	1.24	1.44	1.23	0.05	0.252
不饱和脂肪酸 UFA	39.53^{b}	43.88^{a}	41.66^{ab}	43.58^{a}	42.02^{ab}	0.53	0.093
单不饱和脂肪酸 MUFA	22.02	20.36	21.84	19.52	20.44	0.476	0.420
肉豆蔻脑酸 C14:1	0.87	0.81	0.83	0.92	0.75	0.05	0.870
棕榈油酸 C16:1	7.47^{a}	5.07^{b}	6.03^{b}	5.44^{b}	5.47^{b}	0.20	0.005
油酸 C18:1n9*c*	13.44	14.23	14.69	12.87	13.95	0.45	0.740
其他单不饱和脂肪酸 Other MUFA[2)]	0.25	0.26	0.29	0.28	0.27	0.01	0.591
多不饱和脂肪酸 PUFA	17.51^{c}	23.51^{a}	19.82^{bc}	24.06^{a}	21.58^{ab}	0.54	0.002
亚油酸 C18:2n6*c*	7.89^{b}	13.60^{a}	11.05^{ab}	12.89^{a}	13.12^{a}	0.50	0.005

亚麻酸 C18:3n3	8.77	8.48	7.71	8.38	7.46	0.22	0.280
其他多不饱和脂肪酸 Other PUFA[3)]	0.85	1.44	1.07	2.79	1.01	0.284	0.209

[1)] 含量低于 1.0%的饱和脂肪酸 SFA with a concentration of less than 1.0%。

[2)] 含量低于 0.5%的单不饱和脂肪酸 MUFA with a concentration of less than 0.5%。

[3)] 含量低于 0.5%的多不饱和脂肪酸 PUFA with a concentration of less than 0.5%。

2.3 伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹生长发育的影响

由表 4 可知，伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹体重、体长、胸围、管围均未产生显著影响（P>0.05）。I组马驹体高显著高于II和III组（P<0.05），其他组间无显著差异（P>0.05）。

表 4 伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹生长发育的影响

Table 4 Effects of *Yili* mares fed different level of DE and CP diets during early lactation period on growth development of foals

项目 Items	组别 Groups					SEM	*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	V		
体高 Body height/cm	103.39[a]	100.25[b]	99.71[b]	102.45[ab]	100.83[ab]	0.41	0.029
体长 Body length/cm	92.24	91.04	89.72	90.72	91.15	0.46	0.537
胸围 Heart girth/cm	79.15	78.11	76.96	78.69	76.79	0.35	0.154
管围 Cannon circumference/cm	12.76	12.35	12.64	12.71	12.60	0.07	0.400
体重 Body weight/kg	68.54	68.45	66.62	68.76	66.75	0.82	0.739

2.4 伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹血浆生理生化指标的影响

由表 5 可知，伊犁母马在泌乳前期饲喂不同 DE、CP 的饲粮对马驹血浆中总蛋白、白蛋白、甘油三酯、尿素氮的含量均未产生显著影响（P>0.05）。

表 5 伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平饲粮对马驹血浆生理生化指标的影响

Table 5 Effects of *Yili* mares fed different levels of DE and CP diets during early lactation period on plasma physiological-biochemical indexes of foals

项目 Items	组别 Groups					SEM	*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	V		
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.51	0.44	0.36	0.50	0.46	0.03	0.349
总蛋白 TP/(g/L)	63.53	62.43	60.90	53.35	60.73	1.15	0.898
白蛋白 ALB/(g/L)	24.62	25.25	24.71	25.61	24.25	0.40	0.832
尿素氮 UN/(mmol/L)	4.27	4.37	3.88	4.05	4.22	0.14	0.796

3 讨 论

3.1 饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马泌乳性能的影响

有关饲粮 DE 和 CP 水平对母马泌乳性能的研究较少。Pagan 等[9]的研究发现，随着饲粮能量水平的增加，母马产奶量没有显著变化。研究表明，饲喂高精料和高能量饲粮的母马比饲喂高粗料饲粮的母马产奶量提高了 10%[10]。关于饲粮中 DE、CP 水平对产奶量影响的研究，并没有一致的研究结果。在本研究中，增加饲粮 DE、CP 水平并不影响伊犁母马泌乳前期的产奶量和常规乳成分，表明在第 1 和第 2 泌乳月，DE 饲喂水平分别为 101.41 和 129.73 MJ/d、CP 饲喂水平分别为 1.38 和 1.82 kg/d 时已能满足伊犁马泌乳的营养需要。值得注意的是，受试验条件限制，本研究中的生物学重复仅为 5 匹。因此，这一结果还需进一步研究论证。

研究发现，随着饲粮能量水平的增加，乳成分中的总固形物、蛋白质、脂肪和总能均有所下降，而马的体况评分得到明显改善[9]。Emery[11]发现饲粮中 CP 水平每提升 1%，乳蛋白率升高 0.02%，而 Leonardi 等[12]指出，乳蛋白率并不随着饲粮 CP 水平的提升而无限增加。王贤东等[4]研究表明，泌乳后期母马饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对初乳中乳脂、乳蛋白、总固形物含量以及体细胞数均无显著影响，各组间乳糖含量差异显著且有随 DE、CP 水平升高而升高的趋势。本试验中，饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马的乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳总固形物含量和体细胞数均无显著影响，这可能与所处的泌乳阶段相关。靳伟星等[3]的研究表明伊犁母马处于泌乳后期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对乳糖率没有显著的影响。同时，有研究表明乳脂率和乳蛋白率随着泌乳期的延长逐渐下降，而乳糖率则逐渐升高[13]。

3.2 饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马乳脂脂肪酸组成的影响

乳脂脂肪酸主要通过乳腺细胞从头合成和直接从血液中摄取 2 种途径获得。马乳中长链脂肪酸的构成与饲粮中脂肪酸的含量有直接关系，低粗饲料饲粮会减少饱和脂肪酸的比例并增加马乳中油酸、亚油酸和亚麻酸的含量[14]。Doreau 等[10]研究发现饲喂粗料型饲粮（95％干草、5％精料补充料）所产的马奶，与饲喂精料型饲粮（50％干草、50％精料补充料）的马奶相比，具有较高的脂肪、蛋白质和亚麻酸含量，而亚油酸含量较低。有研究表明高蛋白质采食量影响泌乳早期的脂肪代谢，增加乳中长链脂肪酸的含量[15]。有研究发现，分别在

饲粮中添加烤大豆、棕榈油、氢化牛油，可降低牛乳中短链和中链脂肪酸（6~14 碳）的比例，增加长链脂肪酸（16 碳以上）的比例[16]。黄艳玲等[17]报道，粗料中的牧草可以提高乳中 PUFA 的含量，其中对亚油酸和亚麻酸含量的影响最为明显。本试验结果表明不同 DE、CP 水平的饲粮对泌乳前期伊犁母马乳脂中棕榈酸、棕榈油酸和亚油酸含量有显著影响，与上述试验结果相似。

3.3 伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹生长发育的影响

幼驹在出生后头几个月内，母乳是其唯一的营养来源，幼驹在出生后 1~2 个月内体重每增加 1 kg 需要 10 kg 母乳[18]。王贤东等[4]研究表明，在伊犁母马泌乳后期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹的体重、体高、管围均无显著影响，但以IV组马驹的体长最长。哺乳母猪饲粮中 3 个蛋白质水平（14%、16.5%、19%）对哺乳期仔猪增重没有显著影响[19]。阿依沙依拉等[20]研究表明，马驹补饲可增加哺乳马驹体增重和体高，加速长骨生长，补饲组哺乳马驹的平均日增重和体高比对照组分别提高 13.35%和 7.54%。李欣等[21]研究报道，羔羊饲喂不同蛋白质水平的精料时，18%蛋白质水平显著优于 16%和 20%蛋白质水平，其中 18%蛋白质水平的体高、体斜长、胸围的日均增长量极显著高于 16%蛋白质水平。本试验结果显示泌乳前期伊犁母马饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹的体重无显著影响，但低 DE 和 CP 水平饲粮组有助于马驹体高的增长，这可能与低 DE 和 CP 水平组母马产奶量略高有关。

3.4 伊犁母马泌乳前期饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹血浆生理生化指标的影响

目前关于母马的营养供给对马驹血浆生理生化指标影响的研究鲜有报道。研究发现，增加 2 岁焉耆马饲粮中蛋白质水平对血浆中总蛋白、白蛋白、球蛋白、尿素氮含量无显著影响[22]；降低仔猪饲粮能量水平对血清总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇含量无显著影响[23]；饲喂能量水平为 13.7 和 14.0 MJ/kg 的饲粮对仔猪血清甘油三酯和总胆固醇含量无显著影响[24]；伊犁母马饲喂不同 DE、CP 水平的饲粮对马驹血液中脂代谢指标均无显著影响[4]。本试验中伊犁母马在泌乳前期饲喂不同 DE、CP 的饲粮对马驹血浆中总蛋白、白蛋白、甘油三酯、尿素氮的含量均未产生显著影响，与上述试验结果相一致。

4 结　论

在第 1 和第 2 泌乳月，DE 饲喂水平分别为 101.41 和 129.73 MJ/d、CP 饲喂水平分别为 1.38 和 1.82 kg/d 时已能满足伊犁马泌乳的营养需要，增加 DE 和 CP 水平可降低马乳中棕榈酸和棕榈油酸的含量，提高亚油酸的含量。

参考文献：

[1] 孙玉江,曹雁行,芒来.浅谈马的营养需要[J].中国草食动物,2008,28(1):63–65.

[2] VAN NIEKERK F E,VAN NIEKERK C H.The effect of dietary protein on reproducti on in the mare Ⅱ.Growth of foals,body mass of mares and serum protein concentrati on of mares during the anovulatory,transitional and pregnant periods[J].Journal of the South African Veterinary Association,2012,68(3):81–85.

[3] 靳伟星,邓海峰,张浩,等.不同日粮蛋白能量水平对伊犁马产奶性能和乳成分的影响[J].中国草食动物科学,2014,34(6):29–35.

[4] 王贤东,邓海峰,李海,等.伊犁马泌乳后期饲喂不同粗蛋白质、消化能水平日粮对马驹生长发育和血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2015,42(5):1137–1144.

[5] 王贤东,于全平,方美烟,等.饲粮不同营养水平对伊犁马妊娠后期体重、消化代谢及分娩后初乳成分的影响[J].畜牧兽医学报,2017,48(2):272–279.

[6] NRC.Nutrient requirements of horses[S].6th revised ed.Washington,D.C.:National Acade mies Press,2007:1–314.

[7] 熊本海,罗清尧,赵峰.中国饲料成分及营养价值表(2016年第27版)制订说明[J].中国饲料,2016(24):33–43.

[8] 于全平,王贤东,漆雯雯,等.饲喂不同钙、磷水平饲粮对泌乳期伊犁马乳成分、乳脂脂肪酸组成和马驹生长发育、血浆生理生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(8):2619–2629.

[9] PAGAN J D,HINTZ H F.Composition of milk from pony mares fed various levels of digestible energy[J].Cornell Veterinarian,1986,76(2):139–148.

[10] DOREAU M,BOULOT S,BAUCHART D,et al.Voluntary intake,milk production and plasma metabolites in nursing mares fed two different diets[J].The Journal of Nutrition,1992,122(4):992–999.

[11] EMERY R S.Feeding for increased milk protein[J].Journal of Dairy Science,1978,61(6):825–828.

[12] LEONARDI C,STEVENSON M,ARMENTANO L E.Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2003,86(12):4033–4042.

[13] SANTOS A S,SILVESTRE A M.A study of Lusitano mare lactation curve with wood’s model[J].Journal of Dairy Science,2008,91(2):760–766.

[14] HOFFMAN R M,KRONFELD D S,HERBEIN J H,et al.Dietary carbohydrates and fat influence milk composition and fatty acid profile of mare's milk[J].The Journal of Nutrition,1998,128(12):2708S–2711S.

[15] 王吉峰,王加启.奶牛营养代谢对乳脂合成调控机制的研究进展[J].中国畜牧兽医,2003,30(2):6–10.

[16] DHIMAN T R,ZANTEN K V,SATTER L D.Effect of dietary fat source on fatty acid composition of cow’s milk[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2010,69(1):101–107.

[17] 黄艳玲,侯俊财.不同粗料对牛乳脂肪酸组成的影响[J].中国乳品工业,2009,37(7):27–29.

[18] 侯文通.现代马学[M].北京:中国农业出版社,2013.

[19] 王凤来,李德发,陈清明,等.日粮粗蛋白质水平对哺乳母猪及仔猪生产性能的影响[J].中国畜牧杂志,2000,36(3):3–5.

[20] 阿依沙依拉,杨菊清,张国庆,等.补饲对哈萨克哺乳期马驹生长发育的影响[J].中国饲料,2015(19):17–19.

[21] 李欣,赵国先,田树军,等.不同蛋白水平精料对隔栏补饲羔羊生长性能和营养物质消化率的影响[J].河北农业大学学报,2014,37(2):106–110.

[22] 刘凯,赵芳,李晓斌,等.不同纤维和蛋白质水平饲粮对 2 岁焉耆马消化代谢、血浆生化指标及体增重的影响[J].动物营养学报,2016,28(6):1935–1944.

[23] 张丽娜,陈代文,余冰,等.不同能量水平饲粮中添加脂肪酶对断奶仔猪生长性能、养分表观消化率和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3854–3860.

[24] KIM J S,INGALE S L,LEE S H,et al.Effects of energy levels of diet and β-mannanase supplementation on growth performance,apparent total tract digestibility and blood metabolites in growing pigs[J].Animal Feed Science and Technology,2013,186(1/2):64–70.

Effects of Feeding Different Levels of Digestible Energy and Crude Protein Diets on Milk Performance of *Yili* Mares during Early Lactation Period and Growth Development of Foals

FANG Meiyan WANG Xiandong YU Quanping YANG Guang CHEN Yong*

(*College of Animal Sciences*, *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *China*)

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of feeding different levels of digestible energy (DE) and crude protein (CP) diets on milk performance and fatty acid composition in milk fat of *Yili* mares during early lactation period, and growth development and plasma physiological-biochemical indexes of foals, in order to provide references for further understand the requirements of energy and protein for *Yili* mares during lactation period. Twenty-five *Yili* mares in early lactation with similar age, body weight and parity and without genetic relationship were selected, and divided into five groups according to body weight of mares with five mares per group.

The trial lasted for 60 days which divided into two lactation months, and every 30 days for a lactation month. In the first month of lactation, the DE and CP feeding levels of mares of the five groups were 101.41 MJ/d and 1.38 kg/d (group Ⅰ), 112.05 MJ/d and 1.50 kg/d (group Ⅱ), 122.40 MJ/d and 1.63 kg/d (group Ⅲ), 133.27 MJ/d and 1.75 kg/d (group Ⅳ), 143.84 MJ/d and 1.87 kg/d (group Ⅴ), respectively. In the second month of lactation, the DE and CP feeding levels of mares in the five groups were 129.73 MJ/d and 1.82 kg/d (group Ⅰ), 140.37 MJ/d and 1.94 kg/d (group Ⅱ), 150.72 MJ/d and 2.07 kg/d (group Ⅲ), 161.60 MJ/d and 2.19 kg/d (group Ⅳ), 172.17 MJ/d and 2.31 kg/d (group Ⅴ), respectively. The 1st to 14th day of each lactation month was pre-trail period, and the last 10 days was sampling period. The results showed as follows: the

*Corresponding author, professor, E-mail: xjaucy@163.com (责任编辑 菅景颖)

milk yield, conventional milk composition and milk somatic cell count were not affected by feeding different levels of DE and CP diets (P>0.05). Subsequently, the content of saturated fatty acid in milk fat was not significant difference among groups (P>0.05). The content of unsaturated fatty acid in milk fat of groups Ⅱ and Ⅳ which compared with group Ⅰ was significantly increased （P<0.05）. Meanwhile, There was no significant difference in monounsaturated fatty acid content in milk fat among groups (P>0.05). Compared with groups Ⅱ, Ⅳ and Ⅴ, the content of polyunsaturated fatty acid in milk fat of group Ⅰ was significantly decreased (P<0.05). Along with the increase of dietary DE and CP levels, the contents of palmitic acid （C16:0）, palmitoleic acid （C16:1） and linoleic acid （C18:2n6*c*） in milk fat had significant changes (P<0.05). Among them, the contents of palmitic acid and palmitoleic acid in milk fat of group Ⅰ were significantly higher than those of other groups(P<0.05), the linoleic acid content in milk fat of group Ⅰ was significantly lower than that of groups Ⅱ, Ⅳ and Ⅴ (P<0.05). Feeding different levels of DE and CP diets to *Yili* mares during early lactation period had no significant effects on body weight, body length, heart girth and cannon circumference of foals, but the body height of foals of the group Ⅰ was significantly higher than that of groups Ⅱ and Ⅲ (P<0.05). From the plasma physiological-biochemical indexes of foals, such as plasma triglyceride, total protein, albumin and urea nitrogen contents, there were no significant differences among all groups (P>0.05). In conclusion, in the first and second month of lactation, DE feeding level of 101.41 and 129.73 MJ/d, and CP feeding level of 1.38 and 1.82 kg/d, have been able to meet the nutritional needs for lactating *Yili* mares, and increase dietary DE and CP levels will reduce palmitic acid and palmitoleic acid contents and improve linoleic acid content in milk.

Key words: *Yili* mare; digestable energy; crude protein; milk composition; foals; plasma physiological-biochemical indexes